

水平力を受ける群杭の相互作用に関する研究

京都大学工学部 正会員 足立 紀尚 木村 亮、 同大学院 学生会員 ○勝本 卓

1. はじめに 現在までに、木村ら^{1) 2)}は群杭の水平抵抗に関する種々の模型実験を実施してきたが、それらは杭頭をフーチングで連結し、フーチングに荷重を加えて、群杭の水平抵抗について考察したものである。群杭の変位を単杭の変位から推定するには、群杭間の影響係数 α_{ij} が重要となるが、足立ら³⁾はこの影響係数 α_{ij} を詳細に検討するために、最も単純な2本群杭の相互作用の問題を取り上げ、塩化ビニル模型杭に別々に荷重を加える室内模型実験を実施した。本報告では、同様の模型実験を杭の剛性を変えたアルミニウム杭で実施し、群杭の挙動を考察した。

2. 実験の概要

模型杭の水平载荷実験は、図-1に示す装置を用いて行なった。実験土槽は鋼製円筒形であり、水平力は滑車を介して重りで载荷した。模型杭は長方形断面アルミニウム杭で、曲げ剛性は予備実験より $3.30 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ であった。杭頭条件は杭頭自由、自由長は3.0cm、水平変位測定点は荷重载荷点と同一であり、非接触型変位計で計測した。地盤材料には乾燥した豊浦標準砂を用い、地盤作成方法は杭を建て込んだ後、多重ふるいを通して所定の高さから自由落下させ、土槽の側面を木づちで打撃することにより締固めた。ポータブルコーンを用いたコーン貫入試験結果によると、深さ方向に比例的に貫入抵抗が増加し、地盤作成の再現性は良好であった。本研究では、単杭実験と群杭実験を実施したが、後者における2本杭の配置は、図-2に示すように杭中心間隔 s および杭中心線と载荷方向のなす角 β をパラメータとし、15ケース実施した。模型杭への水平力は、荷重ステップを200gfずつ加え、800gf、1600gfにおいて一旦ゼロまで除荷して再载荷した。以後、载荷に対して後方にある杭を杭1、前方にある杭を杭2と略称する。

Figure 1 consists of two diagrams, (a) and (b), illustrating the experimental setup for horizontal loading of a pile model.

Diagram (a) is a side view of the experimental setup. It shows a rectangular container filled with standard sand (豊浦標準砂) with an interval ratio of 0.800. A pile model (模型杭) is embedded in the sand. The pile has a diameter $d=2.0 \text{ cm}$, thickness $t=0.3 \text{ cm}$, and length $l=44 \text{ cm}$. The total height of the sand container is 40.5 cm. A horizontal force is applied to the pile head via a pulley and a weight (荷重). The total width of the container is 60 cm.

Diagram (b) is a top view of the pile model. It shows the pile head at the top, with a free length of 3.0 cm. The measurement point is located 3.0 cm from the top. The vertical axis z (cm) is marked from 0 to 20.5 cm.

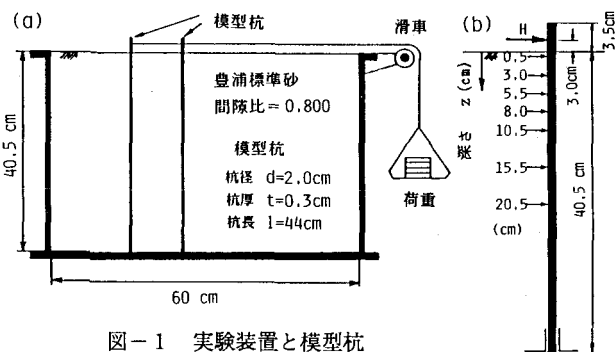


図-1 実験装置と模型杭

3. 実験結果と考察

図は省略するが、群杭実験において、杭中心間隔が小さくなるにつれて、また β が 0° に近づくにつれて群杭の杭頭変位は増加することがわかった。荷重分担率について考えると、同一荷重のもとでは後方杭の方が大きく変位しており、“後方杭ほど荷重分担率が小さい”という従来の実験結果²⁾と一致する。

次に、影響係数 α_{ij} の考察を β^* なるパラメータを導入して行なう。影響係数 α_{ij} とは、 n 本群杭中の j 番杭から i 番杭に作用する影

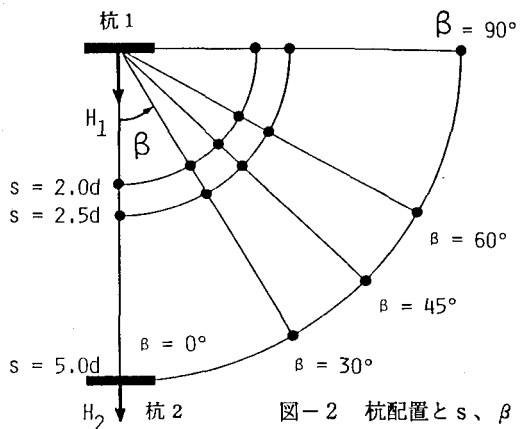


図-2 杭配置と s 、 β

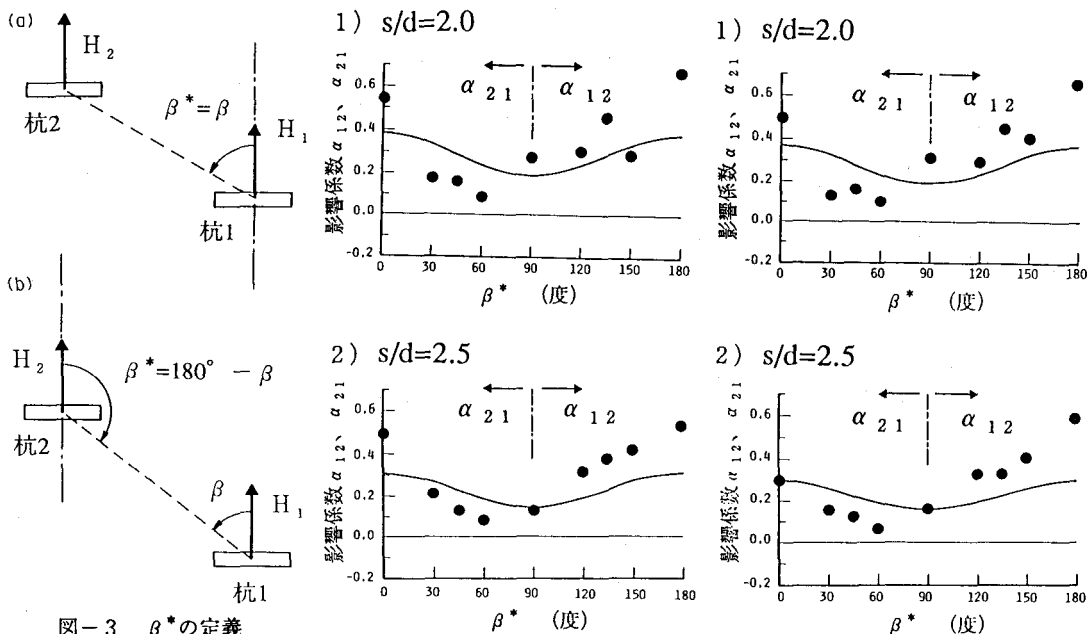


図-3 β^* の定義

響係数で、 i 盤目の杭の変位 δ_i は、

$$\delta_i = \frac{1}{K_S} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} H_j \quad (1)$$

で与えられる。但し、 K_S は単杭の剛性 (= 荷重 / 変位) である。また、 α_{ij} は弾性理論により簡単な代数式で記述される⁴⁾。 β^* とは、影響を及ぼす杭から影響を受ける杭を見たときの杭中心線と荷重方向のなす角 (図-3) であり、図-2において $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ であるのに対して、 $0^\circ \leq \beta^* \leq 180^\circ$ となる。この β^* を用いた、影響係数と β^* の関係を図-4に示す。図中の実線は、Randolph解⁴⁾による解析結果である。Randolph解では弾性論に基づいているため、 $\alpha_{12} = \alpha_{21}$ であり、 $\beta^* = 90^\circ$ を中心に影響係数は対称となっている。しかし本報告では、 $\alpha_{11} = \alpha_{22} = 1$ を仮定し²⁾、 $\alpha_{12} \neq \alpha_{21}$ を前提として、単杭の変位と (1) 式を用いて影響係数 α_{12} 、 α_{21} を求めた。図より、Randolph解は実験結果に比べ、 $0^\circ \leq \beta^* \leq 90^\circ$ に対しては過大に、 $90^\circ \leq \beta^* \leq 180^\circ$ に対しては過小に評価する傾向がみられる。これは群杭間の地盤が塑性変形を起こすために、相対的に後方に位置する杭の方がより大きく変形するためである。このように、地盤を理想的な弾性体と考えるRandolph解では、荷重レベルの大きい塑性変形の卓越した範囲では影響係数を定量的には評価できない。よって、より詳細に群杭の水平挙動を説明しうる数値解析手法を開発するためには、地盤の塑性変形およびそれを考慮した影響係数について検討する必要がある。

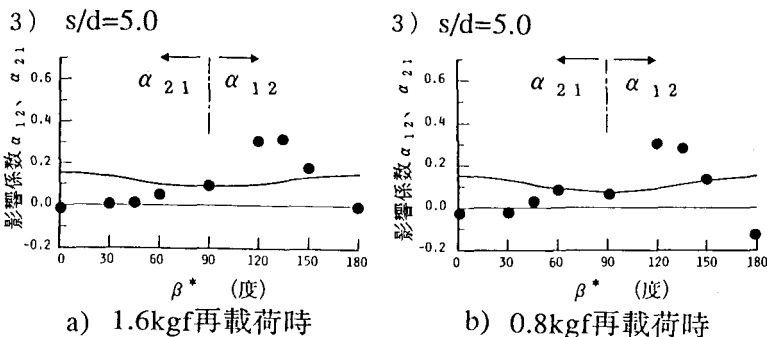


図-4 影響係数と β^* の関係

受ける杭を見たときの杭中心線と荷重方向のなす角 (図-3) であり、図-2において $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ であるのに対して、 $0^\circ \leq \beta^* \leq 180^\circ$ となる。この β^* を用いた、影響係数と β^* の関係を図-4に示す。図中の実線は、Randolph解⁴⁾による解析結果である。Randolph解では弾性論に基づいているため、 $\alpha_{12} = \alpha_{21}$ であり、 $\beta^* = 90^\circ$ を中心に影響係数は対称となっている。しかし本報告では、 $\alpha_{11} = \alpha_{22} = 1$ を仮定し²⁾、 $\alpha_{12} \neq \alpha_{21}$ を前提として、単杭の変位と (1) 式を用いて影響係数 α_{12} 、 α_{21} を求めた。図より、Randolph解は実験結果に比べ、 $0^\circ \leq \beta^* \leq 90^\circ$ に対しては過大に、 $90^\circ \leq \beta^* \leq 180^\circ$ に対しては過小に評価する傾向がみられる。これは群杭間の地盤が塑性変形を起こすために、相対的に後方に位置する杭の方がより大きく変形するためである。このように、地盤を理想的な弾性体と考えるRandolph解では、荷重レベルの大きい塑性変形の卓越した範囲では影響係数を定量的には評価できない。よって、より詳細に群杭の水平挙動を説明しうる数値解析手法を開発するためには、地盤の塑性変形およびそれを考慮した影響係数について検討する必要がある。

*参考文献

- 1) Shibata, T. et al. : S&F, Vol. 29 No. 1, 1989, pp. 113~126
- 2) 木村ほか : 土質工学会概要集、1987、pp. 1211~1218
- 3) 足立ほか : 土木学会関西支部講演概要、1989、III-14-1~III-14-2
- 4) Randolph, M. F. : Geotechnique, Vol. 31 No. 2, 1981, pp. 247~259